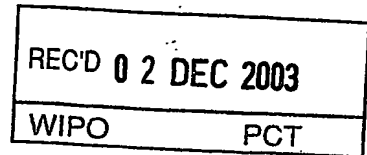


**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 10 300.7

**Anmeldetag:**

10. März 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**Verfahren zum Betreiben eines hydraulischen  
Aktors, insbesondere eines Gaswechselventils  
einer Brennkraftmaschine**IPC:**

F 01 L 9/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Wehnert

5 18.02.2003 KNA/STR

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zum Betreiben eines hydraulischen Aktors,  
insbesondere eines Gaswechselventils einer  
Brennkraftmaschine

15

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines  
20 hydraulischen Aktors, insbesondere für ein Gaswechselventil  
einer Brennkraftmaschine, bei dem eine Bewegung eines  
Stellelements des Aktors dadurch bewirkt wird, dass ein  
Arbeitsraum des Aktors mittels einer Ventileinrichtung mit  
einem Fluidspeicher, in dem Hydraulikfluid unter Druck  
25 gespeichert ist, verbunden und von diesem getrennt werden  
kann, und bei dem der Hub des Stellelements des Aktors von  
einem im Arbeitsraum vorhandenen Fluidvolumen abhängt.

Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus der DE 198 26  
30 047 A1 bekannt. Diese beschreibt eine Vorrichtung zur  
Steuerung eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine  
und das entsprechende Betriebsverfahren. Dabei wird  
Hydraulikfluid von einer Hochdruckpumpe in ein  
Leitungssystem gepumpt, in dem das Hydraulikfluid unter  
35 sehr hohem Druck gespeichert ist. Ein Arbeitsraum eines

Hydraulikzylinders, dessen Kolben mit einem Ventilelement eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine verbunden ist, ist über ein 2/2-Wegeventil mit dem Fluidspeicher verbunden. Ein Auslass des Arbeitsraums ist ebenfalls über ein 2/2-Wegeventil mit einem Niederdruckbereich verbunden. Je nach Ventilstellung herrscht in dem Arbeitsraum des hydraulischen Aktors ein hoher oder ein niedriger Druck, und ist im Arbeitsraum ein entsprechendes Fluidvolumen vorhanden, welches die Stellung des Kolbens beeinflusst.

10

Der Vorteil eines derartigen Gaswechselventils liegt darin, dass es unabhängig von einer Stellung einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine angesteuert werden kann. Aus Kostengründen wird auf eine Erfassung der aktuellen Kolbenstellung verzichtet. Dies hat zur Folge, dass die Positionierung des Kolbens des hydraulischen Aktors nicht geregelt, sondern nur gesteuert werden kann.

15

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass das Stellelement des Aktors möglichst präzise positioniert werden kann.

20

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass zum Ermitteln eines aktuellen Betriebsverhaltens des Aktors der Arbeitsraum kurzzeitig mit dem Fluidspeicher verbunden, der entsprechende Druckabfall im Fluidspeicher erfasst, und aus dem Druckabfall unter Verwendung bekannter geometrischer Größen des Aktors der entsprechende Hub ermittelt wird, und mindestens ein aus Öffnungszeitraum und Hub bestehendes Wertepaar gebildet wird.

25

30

35 Vorteile der Erfindung

Das ermittelte Wertepaar kann beispielsweise mit einem auf einem Prüfstand oder bei einem vorhergehenden Verfahrensdurchlauf ermittelten Wertepaar verglichen werden. Auf diese Weise können Alterungserscheinungen, veränderte Umgebungsbedingungen, und so weiter, erfasst und bei der Ansteuerung der Ventileinrichtungen berücksichtigt werden. Auch ist die Ausgabe einer Information möglich, wenn das aktuelle Betriebsverhalten des Aktors sich unzulässiger Weise verändert hat. Dies erhöht die Sicherheit im Betrieb des Aktors, da Gegenmaßnahmen ermöglicht werden, noch bevor der Betrieb des Aktors zu einem Schaden führen kann.

Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Unteransprüchen angegeben.

In einer ersten vorteilhaften Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass der Druckabfall im Fluidspeicher für verschiedene Zeiträume, während denen der Arbeitsraum des Aktors mit dem Fluidspeicher verbunden ist, erfasst und aus den ermittelten Wertepaaren eine aktuelle Kennlinie gebildet wird. Das Stellelement des hydraulischen Aktors kann in diesem Falle im Normalbetrieb sehr präzise positioniert werden, ohne dass eine komplexe Regelung und die kostenintensive Installation eines Sensors, welcher den Hub des Stellelements des hydraulischen Aktors erfasst, erforderlich ist. Die präzise Positionierung des Stellelements ist daher grundsätzlich ohne zusätzliche Hardware und daher preiswert möglich.

Besonders bevorzugt wird auch jene Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welcher das Stellelement aus einer bekannten Anfangslage in eine bekannte Endlage

gebracht, der entsprechende Druckabfall im Fluidspeicher erfasst, und mit Hilfe des erfassten Druckabfalls und des Hubs zwischen Anfangslage und Endlage das ermittelte mindestens eine Wertepaar normiert wird. Durch dieses  
5 Verfahren können Messungenauigkeiten eliminiert und die Präzision der Kennlinie des hydraulischen Aktors nochmals verbessert werden. Durch den bei dieser Weiterbildung zusätzlich vorgesehenen Verfahrensschritt wird das eigentliche Verfahren, mit dem mindestens ein Wertepaar  
10 ermittelt wird, sozusagen kalibriert.

Das Stellelement kann in die Anfangs- beziehungsweise in die Endlage einfach dadurch gebracht werden, dass die Ventileinrichtung entsprechend lange in der einen oder in  
15 der anderen Position ist. Alternativ oder zusätzlich kann das Erreichen der Anfangs- und/oder der Endlage des Stellelements aber auch mittels eines Klopfensors erfasst werden. Hierdurch wird die Präzision der oben genannten Normierung beziehungsweise Kalibrierung verbessert.

20 Vorgeschlagen wird auch, dass das mindestens eine Wertepaar unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls des Hydraulikfluids und/oder der Elastizität des Fluidspeichers gebildet wird. Auch dies führt zu einer nochmals höheren  
25 Genauigkeit der aktuellen Kennlinie des hydraulischen Aktors. Dabei kann zusätzlich auch noch berücksichtigt werden, dass der Elastizitätsmodul des Hydraulikfluids temperatur- und druckabhängig ist. Auch die Elastizität des Fluidspeichers, also von dessen Wänden, kann sich vor allem  
30 abhängig von der Temperatur verändern.

In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auch angegeben, dass die Temperatur und/oder die Viskosität des Hydraulikfluids während der Ermittlung des  
35 aktuellen Betriebsverhaltens des Aktors erfasst und das

mindestens eine Wertepaar für eine bestimmte Viskosität und/oder eine bestimmte Temperatur des Hydraulikfluids gebildet wird. Auf diese Weise kann also ein ganzer Satz von Wertepaaren beziehungsweise Kennlinien gebildet werden, wobei jeweils ein Wertepaar beziehungsweise eine Kennlinie nur für ganz bestimmte Betriebs- beziehungsweise Umgebungsbedingungen gilt. Auch dies führt letztlich zu einer nochmals besseren Präzision bei der Positionierung des Stellelements des hydraulischen Aktors.

10

Günstig ist auch, wenn die Ansprechzeit der Ventileinrichtung aus dem Beginn des Druckabfalls im Fluidspeicher ermittelt wird. Für die Genauigkeit der Positionierung des Stellelements des hydraulischen Aktors, insbesondere für die zeitliche Genauigkeit, ist die Ansprechzeit, also die Zeit zwischen der Erzeugung des Ansteuersignals und dem Beginn des durch die Bewegung des Stellelements verursachten Druckabfalls, besonders wichtig. Diese Ansprechzeit kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sozusagen "nebenbei" ermittelt werden und bei der Ansteuerung der Ventileinrichtung im normalen Betrieb des hydraulischen Aktors berücksichtigt werden.

15

20

Besonders vorteilhaft ist es, wenn zum Ermitteln des aktuellen Betriebsverhaltens des hydraulischen Aktors der Fluidspeicher von einem Druckspeicher fluidisch getrennt und/oder eine Hochdruckpumpe zur Versorgung des Fluidspeichers ausgeschaltet wird. Zwar ist das erfindungsgemäße Verfahren grundsätzlich auch dann durchführbar, wenn ein Druckspeicher mit dem Fluidspeicher verbunden ist beziehungsweise eine Hochdruckpumpe in den Fluidspeicher fördert; in diesen Fällen ist jedoch eine recht komplexe Berücksichtigung der Formänderung des Druckspeichers (beispielsweise mittels einer Wegerfassung am Druckspeicher) beziehungsweise der Förderleistung der

30

35

Hochdruckpumpe erforderlich. Auf diese kann verzichtet werden, wenn, wie vorgeschlagen, der Fluidspeicher von dem Druckspeicher beziehungsweise von der Hochdruckpumpe einfach getrennt wird. Darüber hinaus wird hierdurch die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens verbessert, da durch diese Maßnahme das Volumen des Fluidspeichers verkleinert wird, was bei einer entsprechenden Ansteuerung der Ventileinrichtung bei gleichem Hub des Stellelements des hydraulischen Aktors zu einem größeren Druckabfall führt, der mit höherer Genauigkeit gemessen werden kann.

Wenn der hydraulische Aktor zur Betätigung eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine zum Einsatz kommt, ist es vorteilhaft, wenn das aktuelle Betriebsverhalten nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine oder während eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine ermittelt wird. In diesem Fall kann das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden, ohne dass der Normalbetrieb der Brennkraftmaschine beeinträchtigt wird.

Grundsätzlich muss aber immer berücksichtigt werden, dass die Ansteuerung des hydraulischen Aktors zur Ermittlung der aktuellen Kennlinie so erfolgt, dass das entsprechende Gaswechselventil weder mit einem Kolben der Brennkraftmaschine noch mit einem anderen Gaswechselventil kollidiert. Beispielsweise während des Schubbetriebs ist daher auch eine Ansteuerung des hydraulischen Aktors nur in einem Teilhubbereich denkbar. Bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine kann es daher möglich sein, dass mehrere Abschaltphasen erforderlich sind, um das aktuelle Betriebsverhalten der Aktoren aller Gaswechselventile zu ermitteln.

Ferner kann vorgesehen werden, dass bei ruhendem hydraulischem Aktor der Druck im Fluidspeicher erfasst und bei einem unzulässigen Druckabfall eine Meldung ausgegeben wird. Dies ermöglicht die Überprüfung der Dichtigkeit bzw.

5 der Leckage des hydraulischen Systems bzw. des Fluidspeichers, welcher den Aktor versorgt. Der Benutzer kann somit die Verfügbarkeit der ordnungsgemäßen Betriebsweise des hydraulischen Aktors und somit letztlich des Gaswechselventils erkennen, und gegebenenfalls kann  
10 automatisch der Betrieb der Brennkraftmaschine beendet oder auf einen Sicherheitsbereich beschränkt werden, um Schäden an der Brennkraftmaschine aufgrund eines nicht korrekt arbeitenden Gaswechselventils zu vermeiden. Es versteht sich, dass die Überwachung des Druckabfalls erleichtert  
15 wird, wenn eine Hochdruckpumpe, die den Fluidspeicher mit Hydraulikfluid versorgt, ausgeschaltet oder vollständig vom Fluidspeicher getrennt ist. Analoges gilt auch für einen Druckspeicher.

20 Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des obigen Verfahrens programmiert und auf einem Speichermedium gespeichert ist.

25 Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Steuer- und/oder Regelgerät für eine Brennkraftmaschine, welches zur Anwendung in einem Verfahren der obigen Art programmiert ist.



Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch eine  
30 Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Steuer- und/oder Regelgerät, welches zur Anwendung in einem Verfahren der obigen Art programmiert ist.



## Zeichnung

Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter  
 5 Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert.

In der Zeichnung zeigen:

- 10  

 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit Gaswechselventilen, welche jeweils von einem hydraulischen Aktor betätigt werden, der an ein Hydrauliksystem angeschlossen ist;
- 15  
 Figur 2 eine genauere Darstellung des Hydrauliksystems von Figur 1;
- 20  
 Figur 3 ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren zum Betreiben des hydraulischen Aktors von Figur 1 zeigt;
- 25  

 Figur 4 eine Darstellung ähnlich Figur 2 eines alternativen Ausführungsbeispiels eines hydraulischen Systems; und
- 30  
 Figur 5 ein Flussdiagramm ähnlich Figur 3 eines Verfahrens zum Betreiben des hydraulischen Aktors von Figur 1 mit dem hydraulischen System von Figur 4.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das  
 35 Bezugszeichen 10. Sie dient zum Antrieb eines

Kraftfahrzeugs 12, welches in Figur 1 nur symbolisch durch eine gestrichelte Linie dargestellt ist. Bei der Brennkraftmaschine 10 handelt es sich um eine mehrzylindrige Hubkolben-Brennkraftmaschine. Aus Gründen  
5 der Übersichtlichkeit sind in Figur 1 jedoch nur die wesentlichen Elemente eines einzigen Zylinders dargestellt.

Der in Figur 1 gezeigte Zylinder umfasst einen Brennraum 14, der unter anderem von einem Kolben 16 begrenzt wird.  
10 Luft wird dem Brennraum 14 über ein Zuströmrohr 18 und ein erstes Gaswechselventil 20 zugeführt. Bei dem ersten Gaswechselventil 20 handelt es sich also um das Einlassventil des Brennraums 14. Die Verbrennungsabgase werden aus dem Brennraum 14 über ein zweites  
15 Gaswechselventil 22 in ein Abgasrohr 24 geleitet. Bei dem zweiten Gaswechselventil handelt es sich also um ein Auslassventil des Brennraums 14.

Das Einlassventil 20 und das Auslassventil 22 werden bei  
20 der in Figur 1 dargestellten Brennkraftmaschine 10 nicht von einer Nockenwelle, sondern jeweils von einem hydraulischen Aktor 26 beziehungsweise 28 betätigt. Der hydraulische Aktor 26 wird von einem hydraulischen System  
30, der Aktor 28 von einem hydraulischen System 31 angesteuert, deren genaue Ausgestaltung weiter unten im Detail erläutert ist. Die hydraulischen Systeme 30 und 31 werden wiederum von einem Steuergerät 32 gesteuert.

Kraftstoff gelangt in den Brennraum 14 der  
30 Brennkraftmaschine 10 über einen Injektor 34, welcher den Kraftstoff direkt in den Brennraum 14 einspritzt. Der Injektor 34 ist mit einem Kraftstoffsystem 36 verbunden. Entzündet wird das sich im Brennraum 14 befindende Kraftstoff-Luftgemisch von einer Zündkerze 38, welche von

einem Zündsystem 40 angesteuert wird. Bei einer Diesel-Brennkraftmaschine können die Elemente 38 und 40 entfallen.

Die hydraulischen Systeme 30 und 31 sind identisch aufgebaut. Sie werden nun anhand des hydraulischen Systems 30 gemäß Figur 2 erläutert:

In einem Vorratsbehälter 42 wird Hydraulikfluid (nicht dargestellt) bevorratet. Eine regelbare Hochdruckpumpe 44, welche von einem Elektromotor 46 angetrieben wird, fördert das Hydraulikfluid aus dem Vorratsbehälter 42 über ein Rückschlagventil 48 in eine Hochdruckleitung 50. An die Hochdruckleitung 50 ist ein Druckspeicher 52 angeschlossen. Bei diesem kann es sich beispielsweise um einen Druckspeicher mit einem federbelasteten Kolben handeln. Ein Drucksensor 54 erfasst den Druck in der Hochdruckleitung 50 und übermittelt entsprechende Signale an das Steuergerät 32.

Bei dem hydraulischen Aktor 26 handelt es sich um einen Zwei-Wege-Hydraulikzylinder. In einem Gehäuse 56 ist ein Kolben 58 beweglich angeordnet. Ein zwischen der Oberseite des Kolbens 58 ("oben" und "unten" bezieht sich hier und nachfolgend nur auf die Darstellung in den Figuren) und dem Gehäuse 56 vorhandener Fluidraum bildet einen ersten Arbeitsraum 60. Ein zwischen der Unterseite des Kolbens 58, einer mit diesem verbundenen Kolbenstange 62 und dem Gehäuse 56 vorhandener Fluidraum bildet einen zweiten Arbeitsraum 64. Zwischen der Unterseite des Kolbens 58 und dem Gehäuse 56 ist eine Druckfeder 66 verspannt. Die Kolbenstange 62 ist mit dem Einlassventil 20 verbunden.

Zwischen dem hydraulischen Aktor 26 und dem Drucksensor 54 ist in der Hochdruckleitung 50 eine Speicherkammer 68 vorhanden, welche eine Sammelleitung im Sinne eines

"Hochdruckrail" bildet. Der zweite Arbeitsraum 64 ist über eine Zweigleitung 70 ständig mit der Hochdruckleitung 50 beziehungsweise der Speicherkammer 68 verbunden. Zwischen der Speicherkammer 68 und dem ersten Arbeitsraum 60 ist ein  
 5 2/2-Wegeventil 72 angeordnet, welches in seiner federbelasteten Ruhestellung 74 geschlossen und in seiner betätigten Stellung 76 geöffnet ist (das 2/2-Wegeventil 72 wird von einem Elektromagnet 78 betätigt). Die Hochdruckleitung 50, der Druckspeicher 52, die  
 10 Speicherkammer 68, die Zweigleitung 70 und der zweite Arbeitsraum 64 bilden insgesamt einen Fluidspeicher 80, der in Richtung zur Hochdruckpumpe 44 hin durch das Rückschlagventil 48 abgeschlossen ist und zum ersten Arbeitsraum 60 hin durch das Ventil 72 abgeschlossen werden  
 15 kann.

Der erste Arbeitsraum 60 ist über eine Rücklaufleitung 82 mit dem Vorratsbehälter 42 verbunden. In der Rücklaufleitung 82 sind ein 2/2-Wegeventil 84 und ein  
 20 Rückschlagventil 86 angeordnet. Das 2/2-Wegeventil 84 ist in seiner federbelasteten Ruhestellung 88 geöffnet und in der betätigten Stellung 90 geschlossen. In die Schließstellung 90 wird es von einem Elektromagnet 92  
 25 gebracht.

Im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine wird eine Hin- und Herbewegung des Einlassventils 20 durch eine alternierende Betätigung der beiden Magnetventile 72 und 84 bewirkt. Bei geschlossenem Magnetventil 84 wird durch die Öffnungsdauer  
 30 des Magnetventils 72 bestimmt, wie viel Hydraulikfluid in den Arbeitsraum 60 des hydraulischen Aktors 26 gelangt. Die Menge des im ersten Arbeitsraum 60 vorhandenen Hydraulikfluids wiederum bestimmt die Position beziehungsweise den Hub des Kolbens 58 und letztlich also  
 35 auch den Hub des Einlassventils 20. Ein Schließen des

Einlassventils 20 wird bei geschlossenem Magnetventil 72 durch ein Öffnen des Magnetventils 84 bewirkt.

Um das aktuelle Betriebsverhalten des hydraulischen Aktors 26 zu ermitteln, wird gemäß einem Verfahren vorgegangen, welches als Computerprogramm auf einem Speicher 94 des Steuergeräts 32 abgespeichert ist. Das Verfahren wird nun unter Bezugnahme auf Figur 3 erläutert:

10 Nach einem Startblock 96 wird in einem Block 98 die Hochdruckpumpe 44 ausgeschaltet. Im gleichen Block 98 werden die Magnete 78 und 92 der beiden Magnetventile 72 und 84 stromlos geschaltet. Das Magnetventil 72 ist also geschlossen, wohingegen das Magnetventil 84 geöffnet ist.

15 Der Kolben 58 wird hierdurch in seine in Figur 2 obere Endlage gedrückt. Dann wird im Block 100 das Magnetventil 84 in seine geschlossene Stellung 90 gebracht. In einem Block 102 wird das Magnetventil 72 während eines definierten Zeitraums  $dt$  geöffnet und dann wieder

20 geschlossen. Vom Drucksensor 54 wird dabei der Druckabfall  $dp$  im Fluidspeicher 80 erfasst (Block 104). Dieser wird mit dem entsprechenden Zeitraum  $dt$  als Wertepaar  $dp, dt$  abgespeichert.

In einem Block 106 wird abgefragt, ob sich der Kolben 58 bis in seine in Figur 2 untere Endlage bewegt hat. Dies wird von einem in den Figuren 1 und 2 nicht dargestellten Klopfsensor erfasst. Ist die Antwort im Block 106 "nein", wird im Block 108 das Magnetventil 84 geöffnet und dann

30 wieder geschlossen. Hierdurch wird der erste Arbeitsraum 60 entlastet und der Kolben 58 gelangt wieder in seine in Figur 2 obere Ausgangsstellung. In einem Zeitblock 110 wird der Zeitraum  $dt$  um einen festen Differenzwert  $dt1$  erhöht. Es erfolgt dann ein Rücksprung zum Block 102.

Mit dem in Figur 3 dargestellten Verfahren wird das Magnetventil 72 also sukzessive während eines immer längeren Zeitraums geöffnet, so dass eine entsprechend größere Menge von Hydraulikfluid aus dem Fluidspeicher 80 in den ersten Arbeitsraum 60 strömt und ein entsprechend anderer Druckabfall vom Drucksensor 54 erfasst wird. Dabei versteht es sich, dass ein Druckabfall am Drucksensor 54 nur dann festgestellt wird, wenn der Druckspeicher 52 beispielsweise blockiert wird. Ist dies nicht möglich, müsste alternativ auch die Zustandsänderung des Druckspeichers 52 erfasst werden.

Die Verfahrensschleife wird so lange durchlaufen, bis der Kolben 58 an seinem in Figur 2 unteren Anschlag angelangt ist. In diesem Fall erfolgt vom Block 106 ein Sprung zum Block 112, in dem der Quotient aus Druckabfall  $dpa$  und dem entsprechenden Maximalhub  $dha$  zwischen oberem Anschlag und unterem Anschlag des Kolbens 58 gebildet wird.

Im Block 114 werden aus den abgespeicherten Druckdifferenzen  $dp$  die entsprechenden Hübe des Kolbens 58 berechnet. Dies geschieht gemäß der Formel

$$dh = \frac{V_0 * dp}{E_{OIL} * dA}$$

In der obigen Formel ist  $dh$  der Hub des Kolbens 58,  $V_0$  das ursprüngliche Volumen im Fluidspeicher 80 vor Öffnen des Magnetventils 72,  $dp$  der vom Drucksensor 54 erfasste Druckabfall,  $E_{OIL}$  der Elastizitätsmodul des Hydraulikfluids, und  $dA$  die Differenz zwischen der oberen und der unteren Begrenzungsfläche des Kolbens 58. Auf diese Weise werden Wertepaare  $dp, dh$  gebildet, aus denen weiter im Block 114 eine Kennlinie  $dh = f(dt)$  gebildet wird. Diese Kennlinie

verknüpft den Hub  $dh$  des Kolbens 58 mit der entsprechenden Öffnungsdauer  $dt$  des Magnetventils 72. Diese Kennlinie wird dann im Normalbetrieb zur Ansteuerung des Magnetventils 72 verwendet, um einen bestimmten gewünschten Hub zu

5 erreichen. Die Wertepaare  $dp, dh$  werden dabei anhand des im Block 112 gebildeten Quotienten  $dpa/dha$  normiert beziehungsweise kalibriert.

10 Nun wird unter Bezugnahme auf die Figuren 4 und 5 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Hydrauliksystems 30 erläutert. Dabei tragen solche Elemente und Bereiche, welche äquivalente Funktionen zu Elementen und Bereichen des im Zusammenhang mit den Figuren 2 und 3 beschriebenen Ausführungsbeispiels aufweisen, die gleichen

15 Bezugszeichen. Sie sind nicht nochmals im Detail erläutert.

Zunächst unterscheidet sich das in Figur 4 gezeigte Hydrauliksystem 30 von jenem der Figur 2 durch ein zusätzliches Magnetventil 118, welches zwischen einerseits

20 dem Rückschlagventil 48 und dem Druckspeicher 52 und andererseits dem Drucksensor 54 angeordnet ist. Mit dem zusätzlichen Magnetventil 118 kann also der Fluidspeicher 80 vom Druckspeicher 52 getrennt werden, was die Erfassung des Druckabfalls  $dp$  erleichtert. Ferner sind bei dem in

25 Figur 4 dargestellten hydraulischen System 30 ein Temperatursensor 120 und ein Viskositätssensor 122 vorgesehen, welche die Temperatur beziehungsweise die Viskosität des im Fluidspeicher 80 vorhandenem Hydraulikfluids erfassen und entsprechende Signale an das

30 Steuergerät 32 leiten.

Das aktuelle Betriebsverhalten des hydraulischen Aktors 26 von Figur 4 wird mittels eines Verfahrens bestimmt, welches nun unter Bezugnahme auf Figur 5 erläutert wird:

Im Gegensatz zu dem Verfahren von Figur 3 wird bei dem in Figur 5 dargestellten Verfahren im Block 100 auch das Ventil 118 stromlos geschaltet. Hierdurch wird, wie bereits oben ausgeführt wurde, der Druckspeicher 52 vom Fluidspeicher 80 getrennt, und auch die Hochdruckpumpe 44 wird vom Fluidspeicher 80 getrennt. Diese kann also gegebenenfalls weiterlaufen, während das in Figur 5 dargestellte Verfahren durchgeführt wird.

Im Block 102 wird während mehrerer Verfahrensschleifen das Ventil 72 während eines gleichen Zeitraums  $dt_1$  geöffnet. Es wird also stufenweise immer weiter aufgemacht. Im Block 110 wird ein Zähler  $n$  jeweils um 1 inkrementiert, und im Block 124 wird abgefragt, ob der Zähler  $n$  größer als ein Grenzwert  $G$  ist. Die Anzahl der Messvorgänge wird also durch den Grenzwert  $G$  auf einen festen Wert beschränkt. Im Block 106 wird das Ventil 72 während eines Zeitraums  $dt_2$  geöffnet, welcher so lang ist, dass der Kolben 58 auf jeden Fall in seine in Figur 4 untere Endposition gelangt. Eine Erfassung dieses Vorgangs mittels eines Klopfensors ist hier also nicht erforderlich. Im Block 114 wird die Kennlinie  $dh = f(dt)$  bestimmt und für die vom Temperatursensor 120 erfasste Temperatur  $temp_1$  und die vom Viskositätssensor 122 erfasste Viskosität  $visc_1$  des Hydraulikfluids abgelegt. Wenn das Verfahren von Figur 5 bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen durchlaufen wird, wird so ein Satz von Kennlinien geschaffen, welche jeweils speziell für bestimmte Umgebungsbedingungen geeignet sind.

Die in den Figuren 3 und 5 angegebenen Verfahren werden vorzugsweise unmittelbar nach dem Ausschalten der Brennkraftmaschine 10 vom Steuergerät 32 initiiert. Dabei ist dem Steuergerät 32 die Stellung der Kolben 16 der einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine 10 bekannt, und



es wird das in den Figuren 3 beziehungsweise 5 dargestellte Verfahren nur für jene Zylinder durchgeführt, bei denen sichergestellt ist, dass es zu keiner Kollision zwischen dem Einlassventil 22 und dem entsprechenden Kolben 16 oder mit anderen Ventilen kommen kann. Wenn das Verfahren mit einer gewissen Regelmäßigkeit nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine durchgeführt wird, ist dennoch sichergestellt, dass das aktuelle Betriebsverhalten der hydraulischen Aktoren 26 der Einlassventile 20 aller Zylinder bekannt ist. Möglich ist allerdings auch die Durchführung des Verfahrens während eines Schubbetriebs der Kraftfahrzeugs, solange gewährleistet ist, dass es zu keinen Kollisionen zwischen dem Kolben und dem entsprechenden Gaswechselventil kommt.

Im Übrigen wird in analoger Weise auch das aktuelle Betriebsverhalten der hydraulischen Aktoren 28 der Auslassventile 22 ermittelt. Dabei muss gegebenenfalls auch berücksichtigt werden, dass es zu Kollisionen zwischen dem Einlassventil 20 und dem Auslassventil 22 eines Zylinders kommen kann. Bei einer wiederholten Durchführung der in den Figuren 3 und 5 aufgezeichneten Verfahren können auch Mittelwerte beispielsweise über die drei letzten Verfahrensabläufe gebildet werden, um so die Genauigkeit des Verfahrensergebnisses zu verbessern. Ferner kann die Ansprechzeit des Magnetventils 72 aus dem Beginn des Druckabfalls  $p_p$  im Fluidspeicher 80 ermittelt werden.

In hier nicht dargestellten Ausführungsbeispielen wird das oben beschriebene Verfahren bei Brennkraftmaschinen mit Saugrohreinspritzung und bei Diesel-Brennkraftmaschinen eingesetzt.

Ebenfalls in einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel, in einer Betriebsphase, in der das Auslassventil 20 ruht,

wird das Ventil 118 geschlossen und die Entwicklung des Drucks im Fluidspeicher 80 überwacht. Bei einem zu starken Druckabfall in einem bestimmten Zeitraum wird eine Meldung ausgegeben. Diese kann in einem Eintrag in einen

- 5 Fehlerspeicher bestehen, oder es kann eine Warnanzeige für den Benutzer der Brennkraftmaschine 10 aufleuchten. Denkbar ist auch, in einem solchen Fall die Brennkraftmaschine 10 ganz still zu legen oder nur noch einen eingeschränkten Sicherheitsbetrieb zuzulassen, um einen weiteren Schaden an
- 10 der Brennkraftmaschine 10 zu vermeiden.

5 18.02.2003

Robert Bosch GmbH  
70442 Stuttgart

10

# ● Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines hydraulischen Aktors (26), insbesondere für ein Gaswechselventil (20) einer  
15 Brennkraftmaschine (10), bei dem eine Bewegung eines Stellelements (58) des Aktors (26) dadurch bewirkt wird, dass ein Arbeitsraum (60) des Aktors (26) mittels einer Ventileinrichtung (72) mit einem Fluidspeicher (80), in dem  
20 Hydraulikfluid unter Druck gespeichert ist, verbunden und von diesem getrennt werden kann, und bei dem der Hub (dh) des Stellelements (58) des Aktors (26) von einem im Arbeitsraum (60) vorhandenen Fluidvolumen abhängt, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ermitteln eines aktuellen Betriebsverhaltens des Aktors (26) der Arbeitsraum (60)  
● kurzzeitig mit dem Fluidspeicher (80) verbunden, der entsprechende Druckabfall (dp) im Fluidspeicher (80) erfasst, aus dem Druckabfall (dp) unter Verwendung bekannter geometrischer Größen (dA, V0) des Aktors (26) der entsprechende Hub (dh) ermittelt, und mindestens ein aus  
30 Öffnungszeitraum (dt) und Hub (dh) bestehendes Wertepaar gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckabfall (dp) im Fluidspeicher (80) für verschiedene Zeiträume (dt), während denen der Arbeitsraum

(60) des Aktors (26) mit dem Fluidspeicher (80) verbunden ist, erfasst und aus den ermittelten Wertepaaren (dp, dt) eine aktuelle Kennlinie gebildet wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellelement (58) aus einer bekannten Anfangslage in eine bekannte Endlage gebracht, der entsprechende Druckabfall (dpa) im Fluidspeicher (80) erfasst, und mit Hilfe des erfassten Druckabfalls (dpa) und des Hubs (dha) zwischen Anfangslage und Endlage das ermittelte mindestens eine Wertepaar normiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Erreichen der Anfangs- und/oder der Endlage des Stellelements (58) mittels eines Klopfensors erfasst wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Wertepaar unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls ( $E_{oil}$ ) des Hydraulikfluids und/oder der Elastizität des Fluidspeichers (80) gebildet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur (temp1) und/oder die Viskosität (visc1) des Hydraulikfluids während der Ermittlung des aktuellen Betriebsverhaltens des Aktors (26) erfasst und das mindestens eine Wertepaar für eine bestimmte Viskosität (visc1) und/oder eine bestimmte Temperatur (temp1) des Hydraulikfluids gebildet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansprechzeit der Ventileinrichtung (72) aus dem Beginn des Druckabfalls (dp) im Fluidspeicher (80) ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ermitteln des aktuellen Betriebsverhaltens des hydraulischen Aktors (26) der Fluidspeicher (80) von einem Druckspeicher (62) fluidisch  
5 getrennt und/oder eine Hochdruckpumpe (44) zur Versorgung des Fluidspeichers (80) ausgeschaltet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das aktuelle Betriebsverhalten des Aktors (26) eines Gaswechselventils (20) einer  
10 Brennkraftmaschine (10) nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine (10) und/oder während eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine (10) ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei ruhendem hydraulischem  
15 Aktor (26) der Druck im Fluidspeicher (80) erfasst und bei einem unzulässigen Druckabfall eine Meldung ausgegeben wird.
11. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden  
20 Ansprüche programmiert ist.
12. Steuer- und/oder Regelgerät (32) für eine Brennkraftmaschine (10), dadurch gekennzeichnet, dass es zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1  
bis 10 programmiert ist.
- 25 13. Brennkraftmaschine (10), insbesondere für ein Kraftfahrzeug (12), mit einem Steuer- und/oder Regelgerät (32), welches zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 programmiert ist.

18.02.2003

KNA/STR

5

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zum Betreiben eines hydraulischen Aktors,  
insbesondere eines Gaswechselventils einer  
Brennkraftmaschine

15

Zusammenfassung

Bei einem hydraulischen Aktor (26) wird eine Bewegung eines  
Stellelements ((58) des Aktors (26) dadurch bewirkt, dass  
20 ein Arbeitsraum (60) des Aktors (26) mittels einer  
Ventileinrichtung (72) mit einem Fluidspeicher (80), in dem  
Hydraulikfluid unter Druck gespeichert ist, verbunden und  
von diesem getrennt werden kann. Der Hub des Stellelements  
(58) des Aktors (26) hängt von einem im Arbeitsraum (60)  
vorhandenen Fluidvolumen ab. Es wird vorgeschlagen, dass  
zum Ermitteln eines aktuellen Betriebsverhaltens des Aktors  
(26) der Arbeitsraum (60) kurzzeitig mit dem Fluidspeicher  
(80) verbunden, der entsprechende Druckabfall im  
Fluidspeicher (80) erfasst, und aus dem Druckabfall unter  
30 Verwendung bekannter geometrischer Größen des Aktors (26)  
der entsprechende Hub ermittelt wird. Figur 4

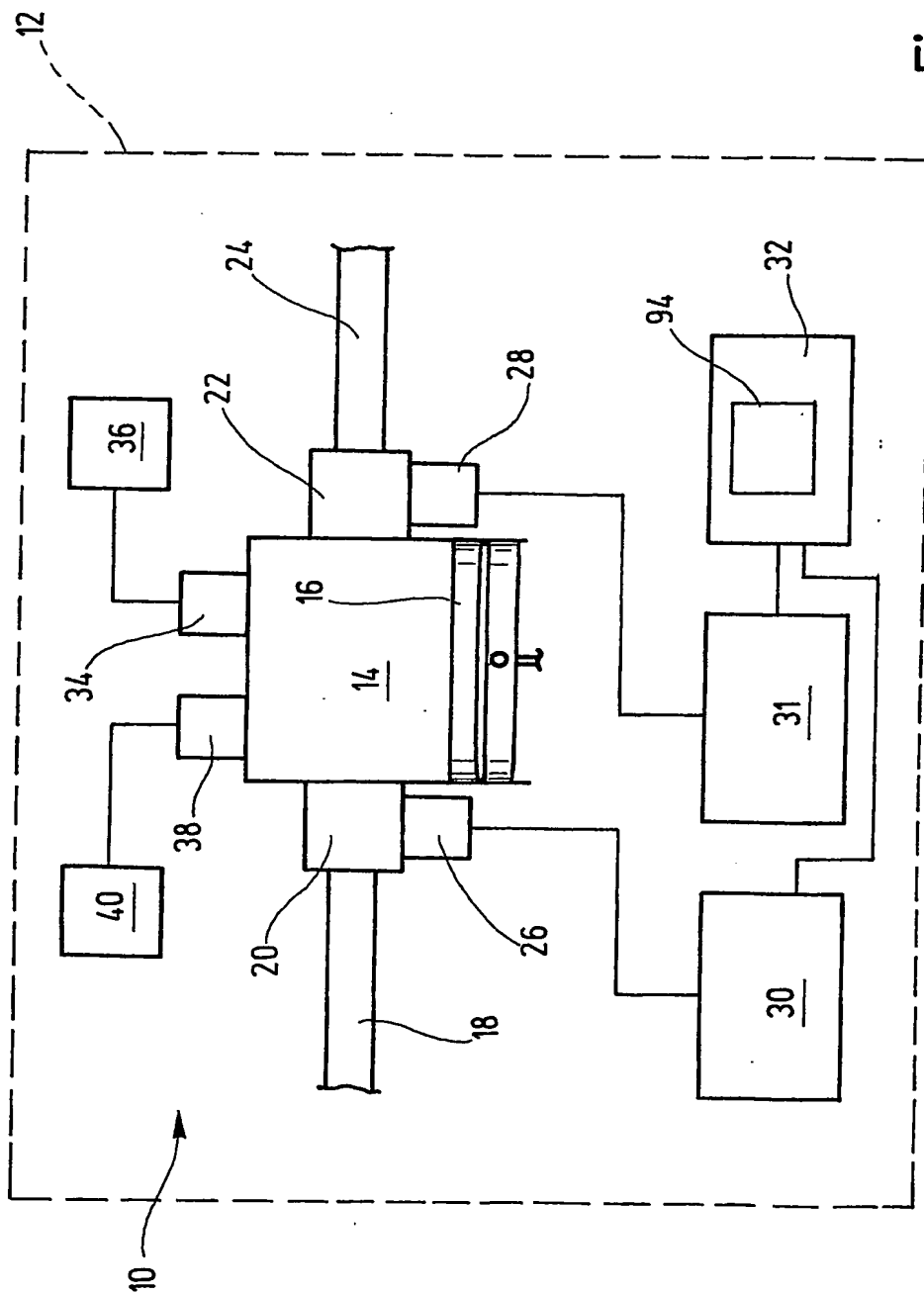


Fig.1

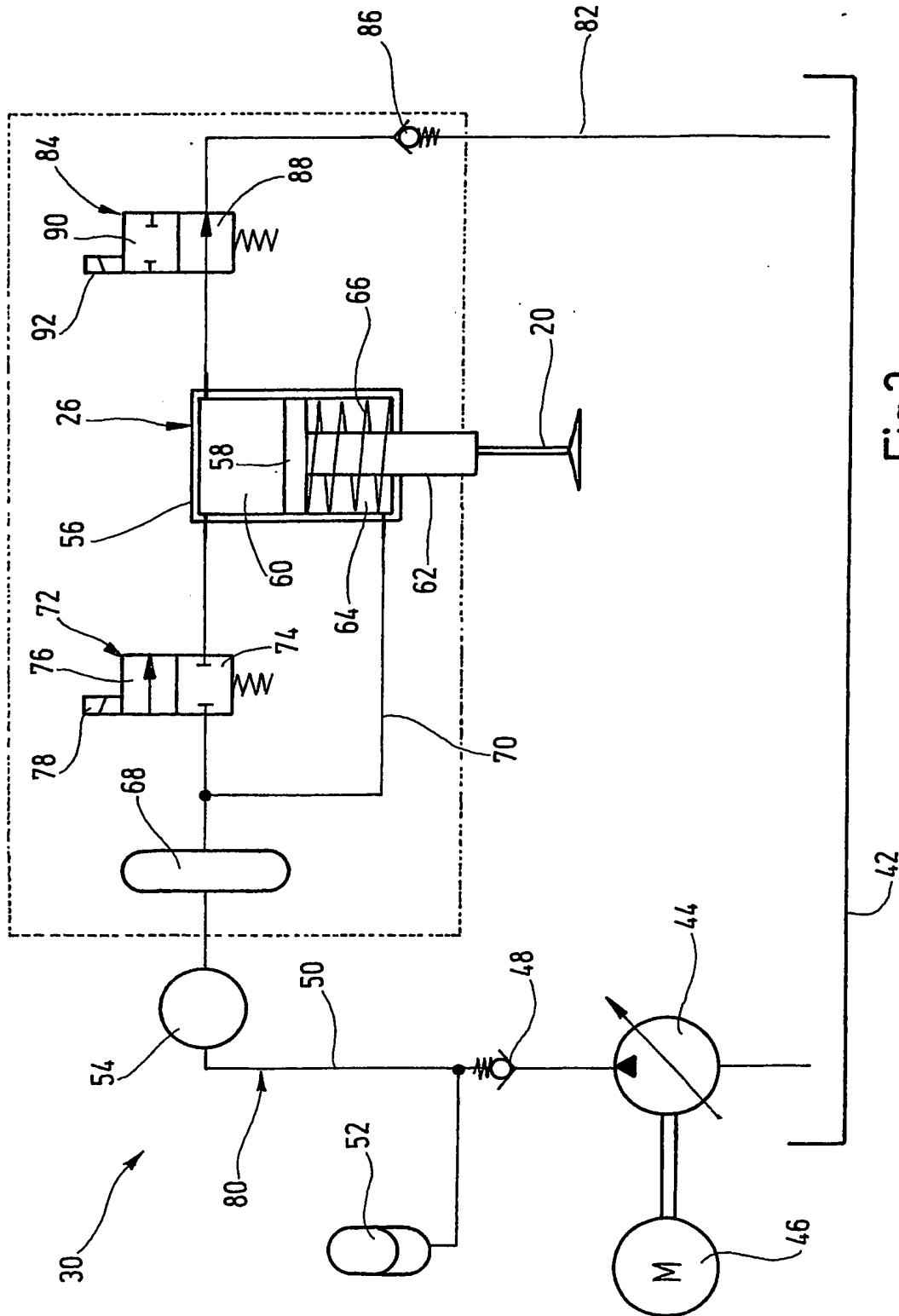


Fig.2



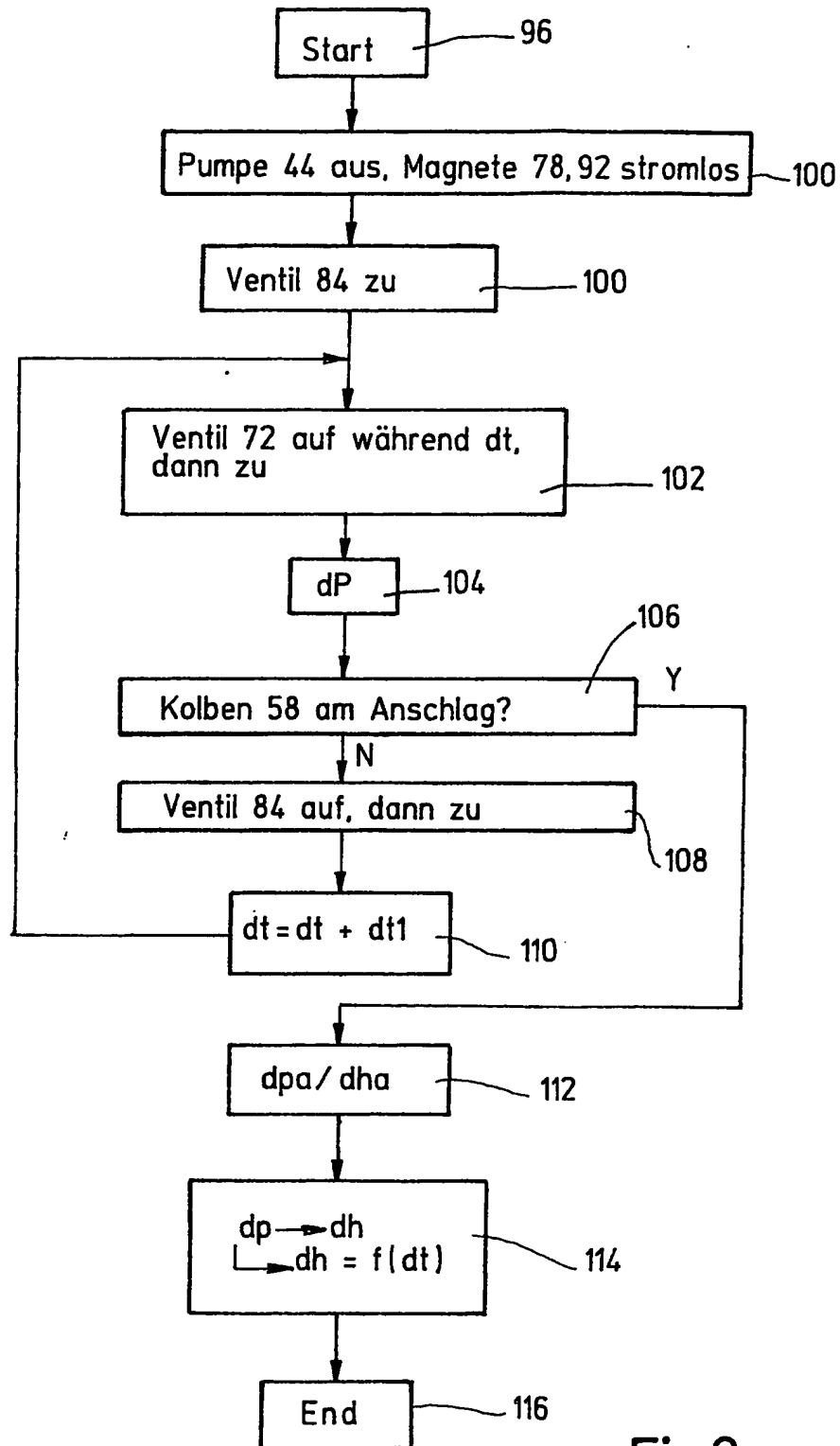


Fig.3

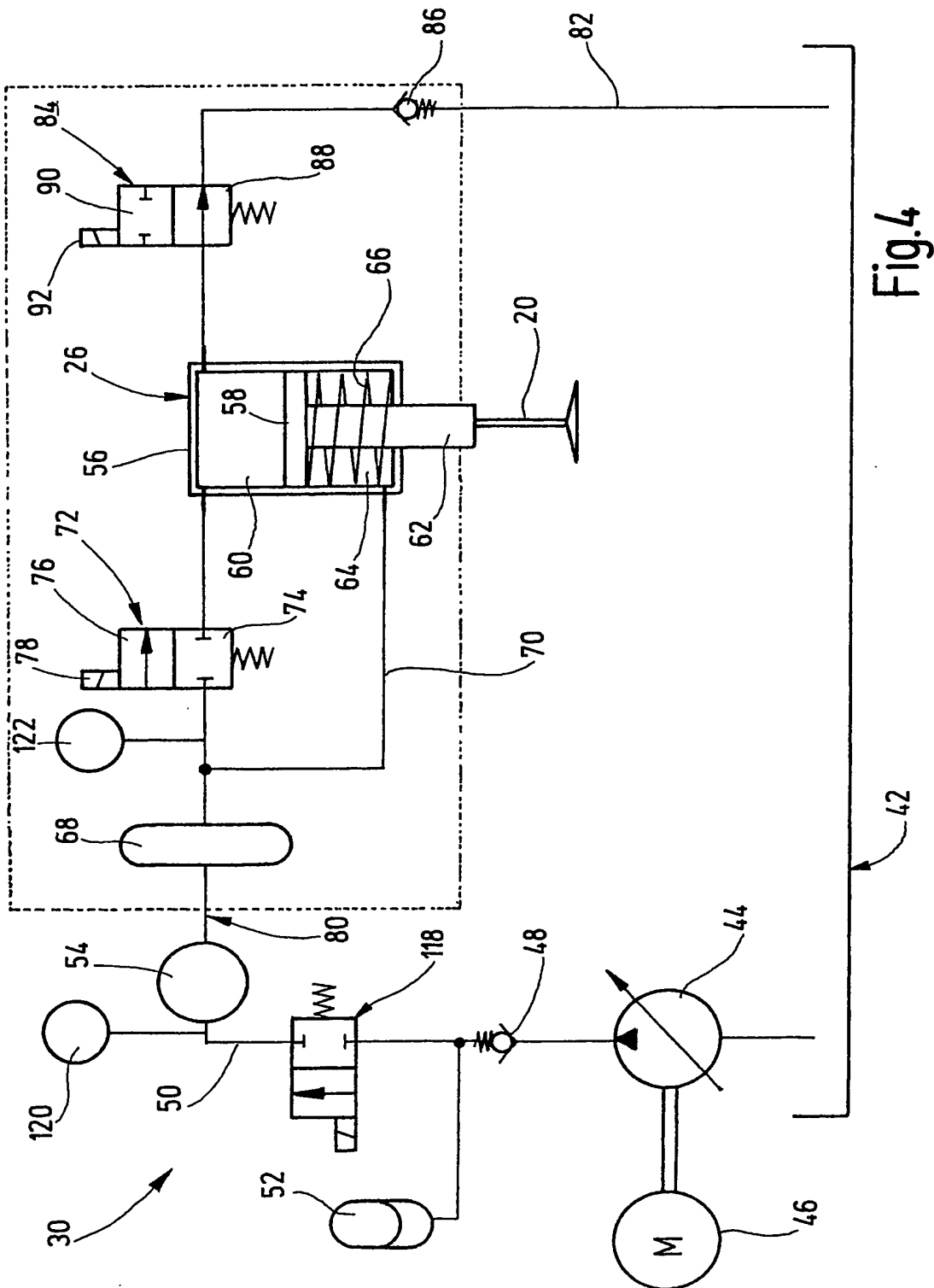


Fig. 4

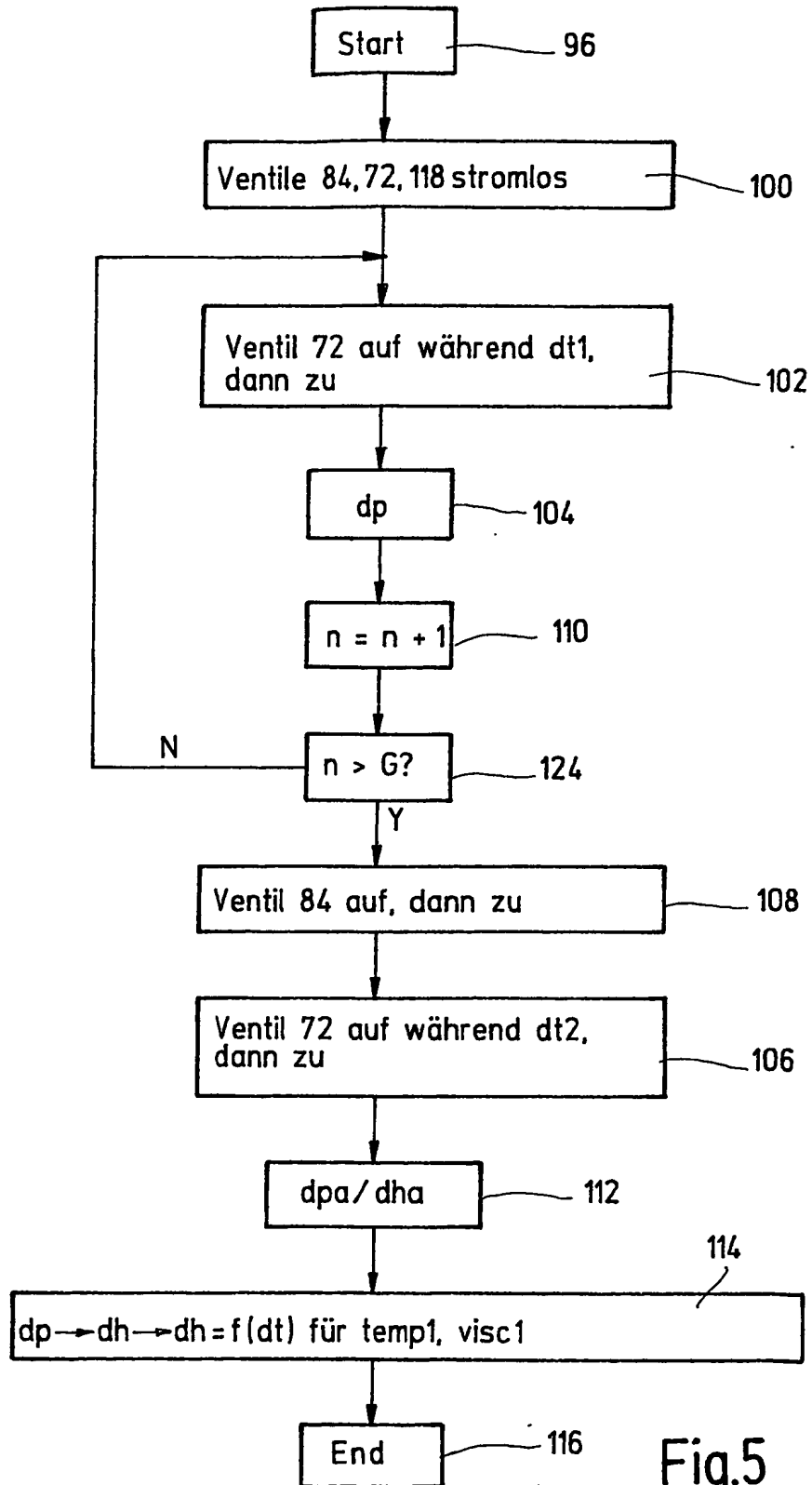


Fig.5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**